

# 薄肉プレキャストコンクリート柱を用いた 建築の構造設計

長瀬 悟\*1・林 博之\*2・江坂 佳賢\*3

建築設計では、外観の設計もその中の大きなテーマの一つである。外周の柱部材のかけ方、配置、その間隔、また柱の形状、太さ、その素材などが建物の表情を作ることに少なからず影響する。一方で柱は構造部材であるという重要な役目をもっている。よって設計初期の段階から意匠設計者と構造設計者は、建物の外観、架構の見え方を意識しながらかつ安全にも配慮し、協働して計画を立案していく必要がある。ここでは筆者らが設計したプレキャスト造細柱を外観に用いた事例を通して、その設計の目的や意図、手法について述べる。

キーワード：薄肉柱、プレキャストコンクリート、構造設計

## 1. はじめに

建築設計では、さまざまな面で意匠と構造が密接に関わり合う。外観の設計もその中の大きなテーマの一つであり、外周の柱部材のかけ方、配置、その間隔、また柱の形状、太さ、その素材などが建物の表情を作ることに少なからず影響する。一方で柱は建物を地面から支える構造部材であるという重要な役目をもっている。通常の柱梁ラーメン構造であれば、鉛直力に加え水平力にも抵抗する部材としての役割も担っている。よって設計初期の段階から意匠設計者と構造設計者は、建物の外観、柱の見え方を意識しながらかつ安全にも配慮し、協働して計画を立案していく必要がある。ここでは筆者らが設計したプレキャスト造細柱を外観に用いた事例を通して、その設計の目的や意図、手法について述べることにする。

筆者らの設計において、PC造細柱を用いる設計の目的および意図は以下のとおりである。

- 1) 高強度コンクリートまたは高強度のケーブル材を組み込むことで、RC造での部材の最小化が可能となる。これを細長い形状とすることで、日射遮断のルーバー材としても兼用を図ることができる
- 2) コンクリートの素材を生かした、彫りの深い重厚な外



写真 - 1 全 景



\*1 Satoru NAGASE

(株)日建設計 構造設計部門  
構造設計部長



\*2 Hiroyuki HAYASHI

(株)日建設計 構造設計部門  
構造設計主管



\*3 Yoshisato ESAKA

(株)日建設計 構造設計部門  
構造設計部 部員

観とすることができる

細柱を用いる場合、いくつかの構造上の配慮が必要である。

- 1) 細柱は水平剛性が小さいため鉛直力のみを支持する部材とする。したがって、他の部分で耐震要素を確実に確保する必要がある。強度抵抗型の耐震構造やエネルギー吸収型の制振構造、免震構造との組合せが必要となる。
- 2) 当該架構の水平剛性が確保できなくなるので偏心に対する配慮が必要になる。
- 3) 細柱の大地震時における層間変形角への追従性の配慮、座屈現象に対する配慮および安全率のとり方が重要になる。
- 4) つなぎ梁をどのように設計するか、柱と梁の取合い部分をどのように設計するかがポイントとなる。細柱に二次的な曲げ応力等を極力入れないため、解析条件に近いディテールも必要となる。

## 2. ふくぎん博多ビル

「ふくぎん博多ビル」は飲食店舗を含むテナントオフィスビルとして計画された建物である。1階の一部と2階は福岡銀行博多支店となる。

敷地は福岡銀行発祥の地であり、それに相応しい端正で品格のある建物を目指した。また、中洲川端商店街の入口にあり、商業地域の角地という敷地の特徴を活かし、視認性が高くかつ奥行きのある彫りの深い特徴的なファサードとした。ファサードを、軸力のみを負担するプレキャストコンクリート（以下PCa）の列柱を配置する構造とすることで、前面道路側はガラス面を後退させ室内には柱の無いオフィス空間としている。

なお、ファサードは北西に面しており、列柱は西日に対する日除けルーバーの機能を兼ねている。

PCaの列柱は、軸力のみを負担する柱であり合理的かつミニマムな断面を追求した。また、視認性、彫りの深いファサード、ルーバーとしての機能を有することなどの理由からルーバー形状の柱が求められた。



写真 - 2 ファサード

### 2.1 建築概要

|       |   |
|-------|---|
| 建物名称  | ふくぎん博多ビル  |
| 所在地   | 福岡県福岡市博多区   |
| 用途    | 事務所、店舗  |
| 設計    | 株式会社 日建設計   |
| 施工    | 株式会社 竹中工務店（PC工事：ピーエス三菱）                               |
| 建築面積  | 1 739.13 m <sup>2</sup> 延床面積 18 390.97 m <sup>2</sup> |
| 階数    | 地上12階 地下1階 塔屋1階                                       |
| 最高部高さ | GL + 44.7 m   |



写真 - 3 内 観



写真 - 4 ファサード

構造 鉄骨鉄筋コンクリート造 鉄骨造  
 プレキャストプレストレストコンクリート造  
 工期 2006年10月～2008年4月(19ヵ月)

2.2 構造設計概要

建物の平面形状は約50×30mの長方形平面を有しており、スパン18m、3.6mモジュールのオフィス空間をもつ片コアタイプのオフィスである。

構造種別は、耐震要素であるコア部分をSRC造、両妻面の架構を柱SRC造、梁S造とし、オフィス部分は柱梁ともPCa架構として計画した。また、遮音性能の確保から図中左上の立体駐車場とオフィスの境界をRC壁とし、これを水平抵抗要素として利用している。

耐震計画としては、X方向はコアまわりの連層ブレース付きラーメン架構と連層耐震壁にて抵抗、Y方向は外周の連層ブレース付きラーメン架構とコアの連層耐震壁にて抵抗する計画とした。

Y方向は架構の剛性バランスがよく偏心しないが、X方向については、後述するようにつなぎ梁がないこともあってPCa柱架構の水平剛性が非常に小さく偏心してしまう。そこでコア周りを強固にするとともに、偏心によるねじれを両妻面のY方向架構にて分担する計画とした。

また、偏心による架構への影響、とくにPCa架構への影響を定量的に評価するため、告示波を用いた時刻歴応答解析を別途参考として行った。

この解析により最大応答せん断力が保有水平耐力以下であること、最大応答層間変形角が最大1/100以下であること等を確認した。

2.3 PCa部材の設計

前述のように、ファサード側にあるPCa柱は自重のみを受ける架構としている。

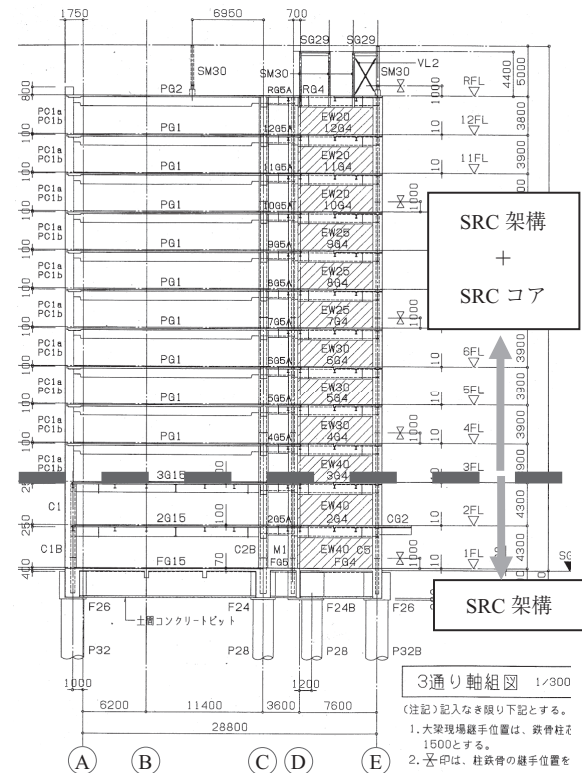


図 - 2 短辺方向軸組図

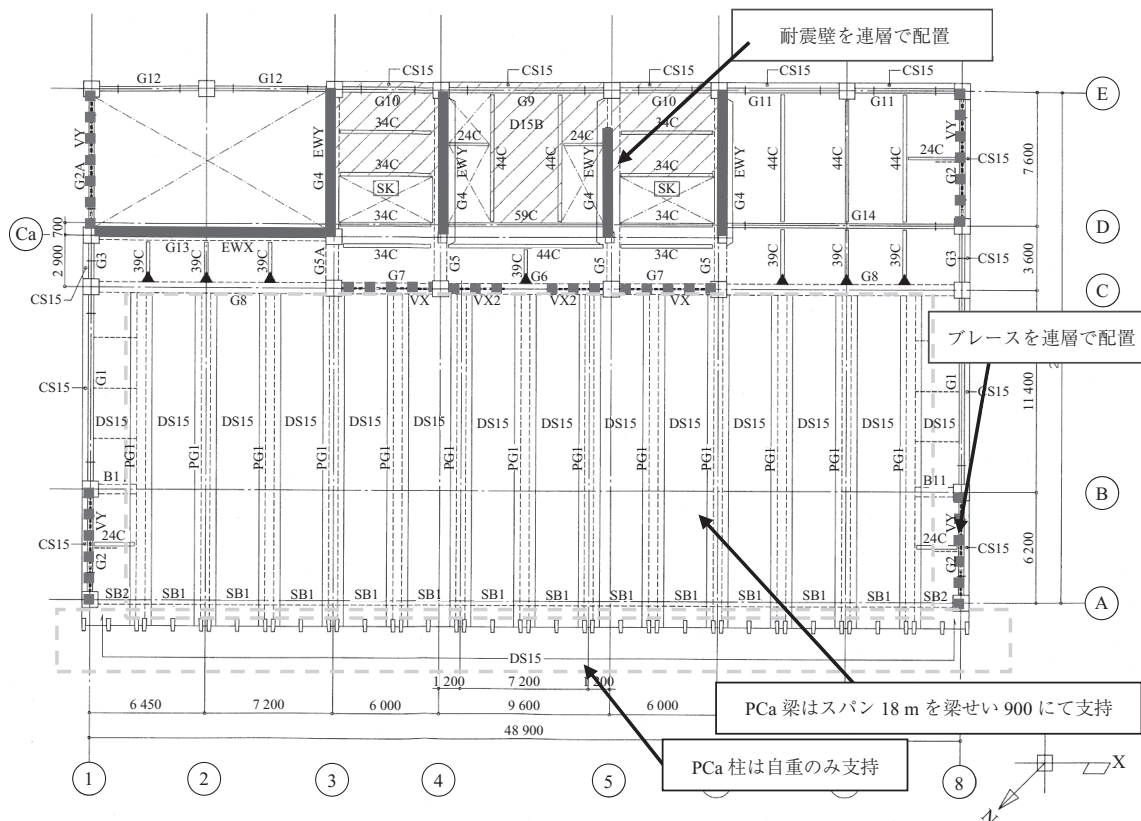


図 - 1 構造計画概要

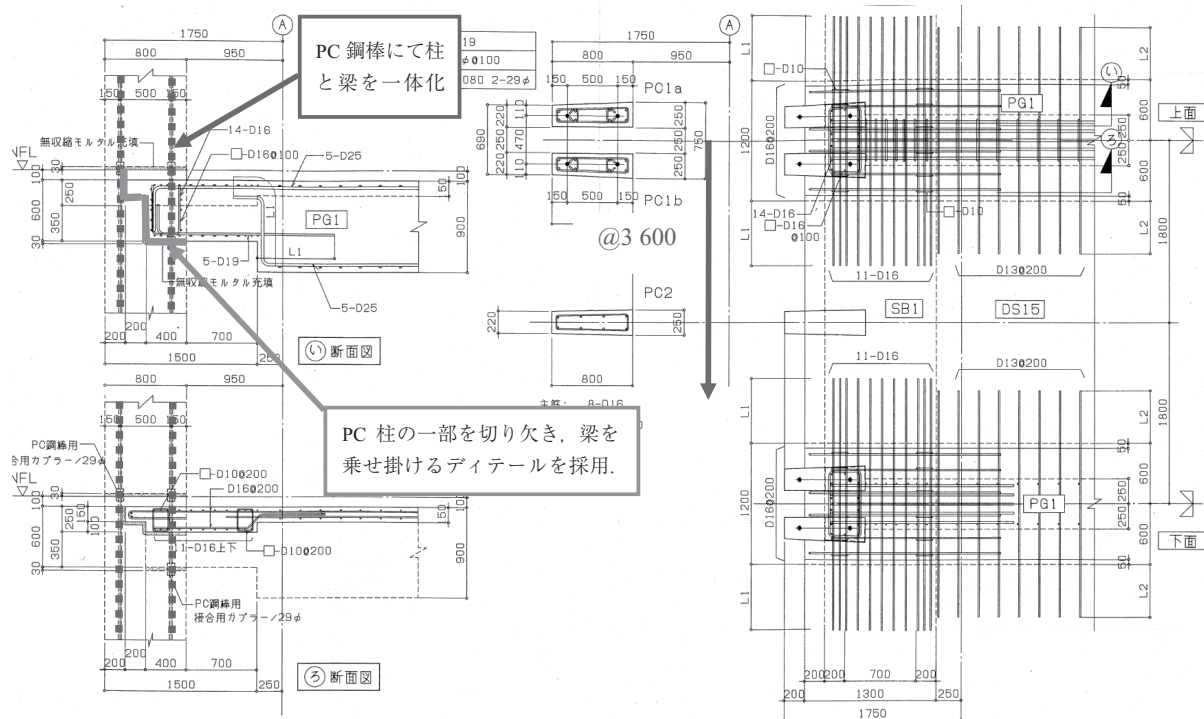


図 - 3 PCa 部材の詳細

断面 220 ～ 250 mm × 800 mm の PCa 柱は、3.6 m ピッチに 2 台 1 組にて設置している。部材断面は最大軸力と梁からくる偏心曲げ等を考慮して最小断面にて設定した。

それに取り合う断面 900 × 500 mm の PCa 梁はスパン 18 m で、この PCa 組柱に 3.6 m ピッチで架設している。PCa 梁は運搬および揚重を考慮し 3 分割とした。

なお、この 2 台 1 組の PCa 柱とはべつに 220 ～ 250 mm × 800 mm の PCa 製ルーバーを設置しており、ルーバーは 1.8 m ピッチとなっている。PCa 柱にはつなぎ梁を設けない架構とし ( $t = 250$  のスラブで連結)、かつ最小断面とすることで格子状の繊細な表現を目指した。

オフィスのスパンは 18 m と大きく、長期荷重時に PCa 梁から伝達される力が大きい。そこで、PCa 柱の一部を切り欠いて PCa 梁を乗せ掛けるディテールとした。なお、PCa 柱および PCa 梁は各階ごとに PC 鋼棒にて連結している。PCa 柱、梁のピッチはオフィスモジュールとルーバー効果、設備機器の納まりを考慮して決定した。

#### 2.4 部材実験

今回使用した PCa 柱は非常にスレンダーな部材断面である。幅高さ比が非常に大きい ( $H/t = 17$  程度) が、「鉄筋コンクリート造計算規準」(以下 RC 規準)によれば、 $H/t$  が 15 以上の場合、設計用軸力を割り増しする形で耐力の低減を見込んでいる。しかしながらこのような幅高さ比の大きな部材の実験はほとんどなく、軸耐力、水平力時の挙動も不明である。また、断面が小さいことから PC 鋼線をシングル配筋とすることになりプレキャストコンクリート造の耐力計算式の適用範囲外でもある。そこで薄型 PCa 柱の実大実験を行い、層間変形角 1/33 の元、軸力比 0.45 まで耐力を保持することを確認するとともに、軸力比

0.2, 0.4 のいずれにおいても層間変形角 1/100 までひび割れは発生せず 1/50 程度まで安定して耐力を保持することを確認した。

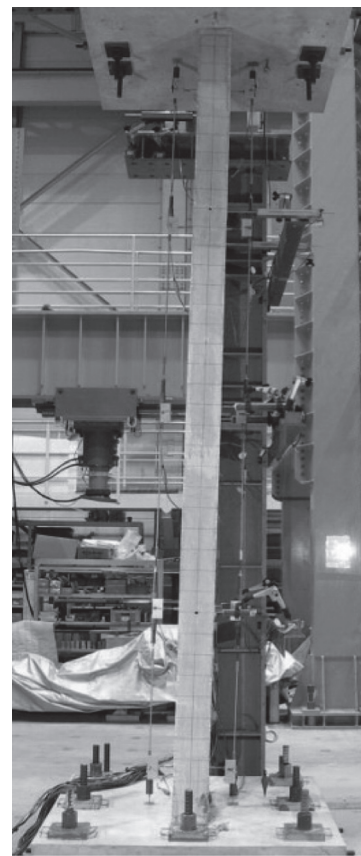


写真 - 5 実験概要

### 3. 宮崎銀行鹿児島営業部



写真 - 6 全 景

「宮崎銀行鹿児島営業部」は鹿児島市の中心街区である天文館に立地する。1階エントランスから2階の営業室、3階の会議室までを特徴的な杉型枠コンクリート壁の空間で繋ぐシンプルな計画としている。

プレキャストコンクリート造の柱と床版により、約12mスパンの整形な無柱空間を実現した。柱は丸みを帯びた長方形断面のアウトフレームとし、西日を遮る縦ルーバーの機能を兼ねている。正面外観の細幅の列柱が並ぶ繊細な表情とともに無柱空間による広がり感を実現した。

前面道路に対して屋上植栽と壁面緑化を見せ、豊かな表情を与えると同時に、開口部を北側前面道路側に集約し、他の外壁は最小限として環境負荷の低減を図った。太陽光パネル・ペアガラス・自然換気装置なども採用して環境に配慮した建築計画とした。



写真 - 7 ファサード

#### 3.1 建築概要

建物名称 宮崎銀行 鹿児島営業部  
所在地 鹿児島県鹿児島市  
用途 事務所  
設計 株式会社 日建設計  
施工 坂下組・植村組 JV (PC工事：ピーエス三菱)

建築面積 468.90 m<sup>2</sup> 延床面積 1 851.82 m<sup>2</sup>  
階 数 地上5階 塔屋1階  
最高部高さ GL + 19.547 m  
構 造 鉄筋コンクリート造  
プレキャストプレストレストコンクリート造  
工 期 2009年10月～2010年9月(12ヵ月)



写真 - 8 ファサード

#### 3.2 構造設計概要

建物の平面形状は約29×16mの長方形平面を有しており、スパン11.6m、3.6mモジュールのオフィス空間をもつ片コアタイプのオフィスである。

構造種別は、東西両妻面および南側コアを現場打ちRC造、オフィス部分を柱梁ともPCa架構として計画した。北側道路に面するファサードにPC柱を配置し、オフィス床版をハーフPC版とすることで視認性が高く奥行きのある

〈基準階平面図〉

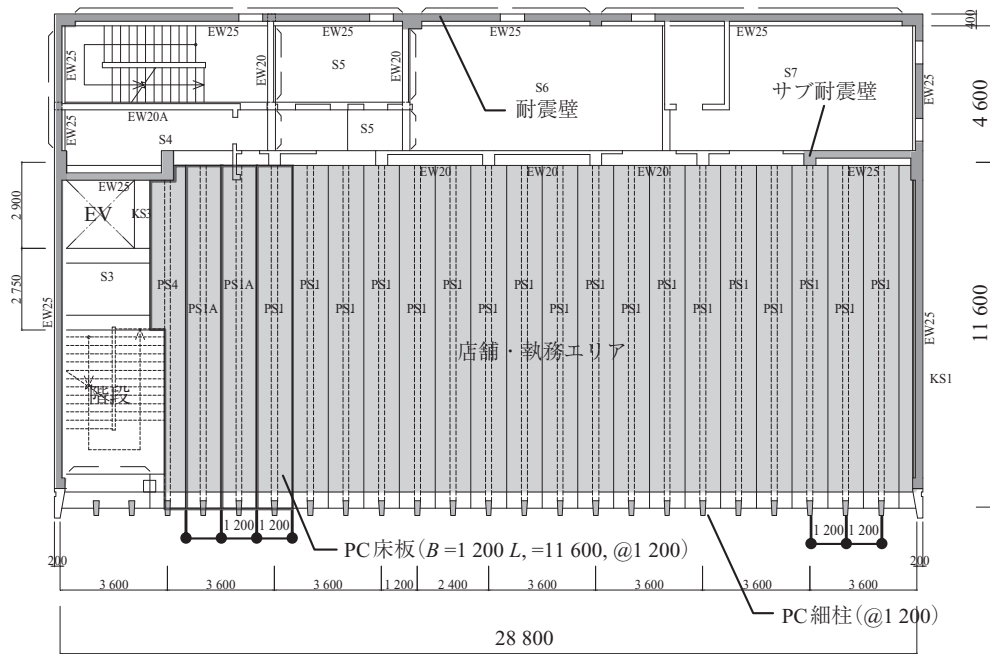


図 - 4 構造計画概要

るファサードおよび高い天井高を実現した。PC柱は長期軸力のみを負担する。

耐震計画としては、東西両妻面および南側コアに配置したRC造耐震壁にて抵抗する計画とした。壁量は計算ルート1で求められる壁量を確保した。

計算ルートは、X方向（東西方向）・Y方向（南北方向）ともにルート3としている。いずれの方向も十分な壁量を有しているが、PC柱の寸法が階高の1/15を下回ることからY方向については保有水平耐力の計算を行うことによる緩和規定を利用した。

ファサード面のPC柱は1200ピッチであるが、玄関および駐車場入口についてはプレキャストプレストレストコンクリート梁にて陸立柱を受ける構造としている。



写真 - 9 ファサード

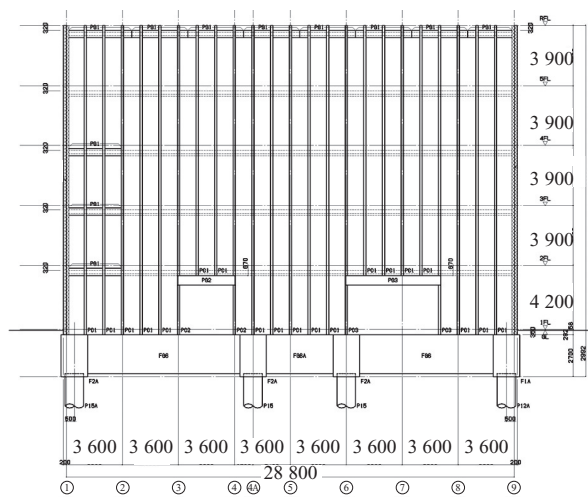


図 - 5 北面軸組図



写真 - 10 ファサード

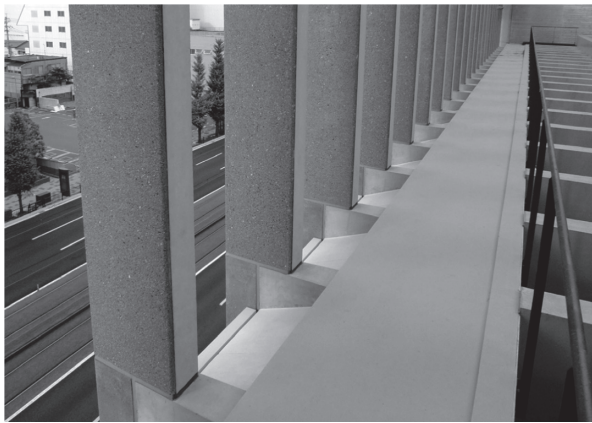


写真 - 11 内 観



写真 - 12 内 観

### 3.3 PCa 部材の設計

前述のように、ファサード側にある PCa 柱は自重のみを受ける架構としている。

断面 150 ~ 200 mm × 500 mm の PCa 柱は、1.2 m ピッチで設置している。部材断面は最大軸力と梁からくる偏心曲げ等を考慮して最小断面にて設定した。

それに取り合う断面 550 × 150 mm のハーフ PCa 版はスパン 11.6 m で、PCa 柱と同様 1.2m ピッチで架設している。PCa 柱にはつなぎ梁を設けない架構とし、かつ最小断面とすることで格子状の繊細な表現を目指した。

窓周りの意匠を勘案しながらも、長期荷重時に PCa 梁にかかる力を柱に直接伝達するため、PCa 柱の一部を切り欠いて PCa 梁を乗せ掛けるディテールとした。なお、PCa 柱および PCa 梁は各階ごとに PC 鋼棒にて連結している。

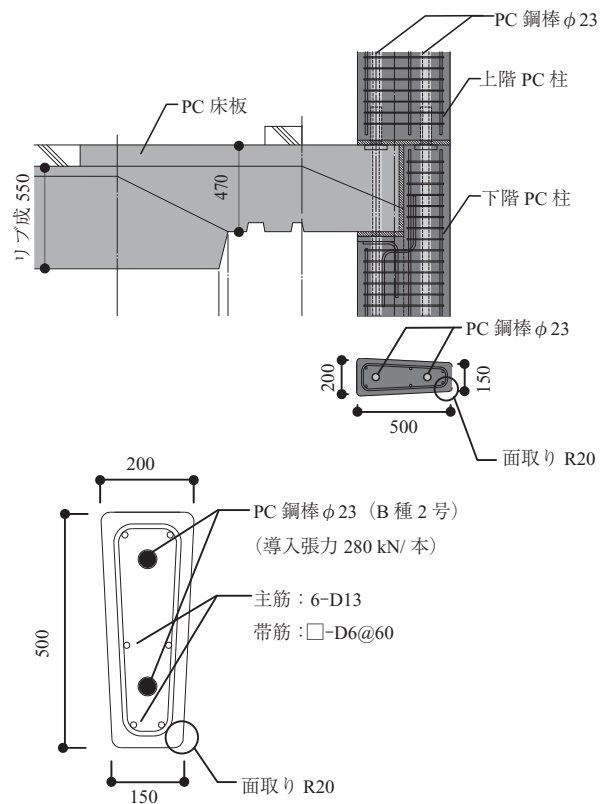


図 - 6 PCa 部材接合部

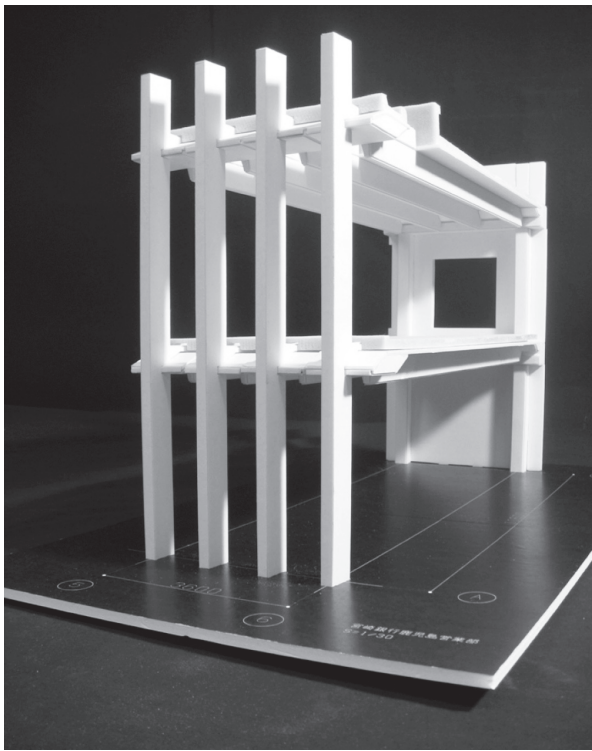
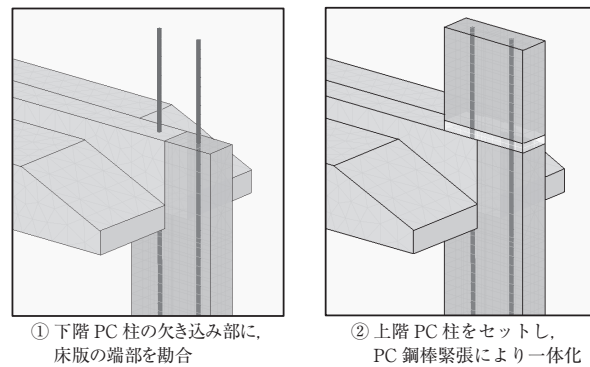


写真 - 13 設計時の模型



① 下階 PC 柱の欠き込み部に、床版の端部を吻合  
② 上階 PC 柱をセットし、PC 鋼棒緊張により一体化

図 - 7 PC 部材設置方法

#### 4. おわりに

PC 細柱を用いた建物の設計事例を紹介した。PC 柱は長期軸力のみを支持する架構とすることにより極限の断面サイズを目指し、結果として彫りの深い格子状の印象的な意匠を実現できた。

設計においては、PC 柱と PC 梁（PC 床版）との取合いがポイントとなる。窓周りの意匠と力の伝達機構を両立するための工夫が必要である。

#### 謝辞

本計画はいずれもクライアントのご理解、施工者および専門業者のご協力があって実現した。この場をお借りして深謝する。

#### 参考文献

- 1) 毛利, 大迫, 林, 常木: 圧縮と曲げを受ける薄型 PCaPC 柱の挙動に関する実験的研究 (その 1) (2008 年建築学会大会梗概集)
- 2) 林, 常木, 毛利, 大迫: 圧縮と曲げを受ける薄型 PCaPC 柱の挙動に関する実験的研究 (その 2) (2008 年建築学会大会梗概集)
- 3) 原田, 林: 細柱を用いた設計の美観性と安全性 (その 1 鉄骨造による細柱の事例を通して) (2010 年建築学会大会梗概集)
- 4) 原田, 林: 細柱を用いた設計の美観性と安全性 (その 2 PC 造による細柱の事例を通して) (2010 年建築学会大会梗概集)

【2011 年 5 月 9 日受付】



刊行物案内

## 第 38 回 PC 技術講習会テキスト

PC 技術の新たな適用と展開

平成 22 年 2 月

定 価 6,000 円／送料 500 円

会員特価 5,000 円／送料 500 円

社団法人 プレストレストコンクリート技術協会